

B2

Motor vehicle steering system with automatic disturbance suppression

Patent number: DE4232256
Publication date: 1993-04-08
Inventor: ASANUMA NOBUYOSHI (JP); NISHIMORI TAKASHI (JP); NISHI YUTAKA (JP)
Applicant: HONDA MOTOR CO LTD (JP)
Classification:
- international: B62D6/04
- european: B62D5/04; B62D6/04
Application number: DE19924232256 19920925
Priority number(s): JP19910277023 19910927

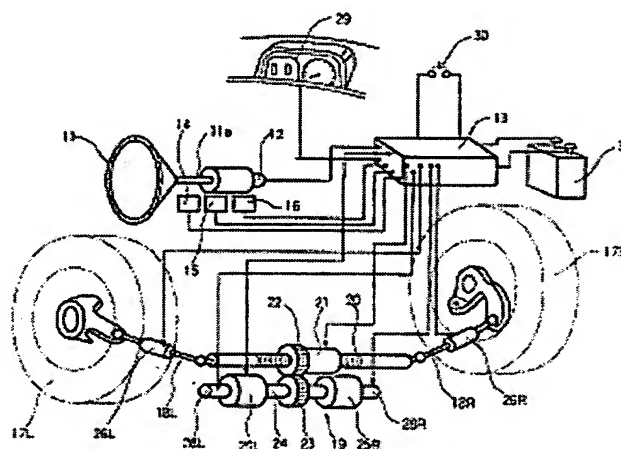
Also published as:

US5828972 (A1)
JP5105100 (A)
GB2259892 (A)

Abstract not available for DE4232256

Abstract of correspondent: **US5828972**

A motor vehicle steering system has a yaw rate sensor for detecting a yaw rate of a motor vehicle, and a lateral acceleration sensor for detecting a lateral acceleration of the motor vehicle. The detected yaw rate and lateral acceleration are processed according to predetermined functions to determine a control signal, which is applied to a motor to turn a steering wheel. Road wheels are correspondingly steered through a steering mechanism in a direction to suppress a disturbant motor vehicle behavior that is caused by the yaw rate and the lateral acceleration.



P03NM-033EP



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 42 32 256 A 1

51 Int. Cl.⁵:
B 62 D 6/04

21 Aktenzeichen: P 42 32 256.1
22 Anmeldetag: 25. 9. 92
43 Offenlegungstag: 8. 4. 93

DE 42 32 256 A 1

30 Unionspriorität: 32 33 31
27.09.91 JP P 3-277023

71 Anmelder:
Honda Giken Kogyo K.K., Tokio/Tokyo, JP

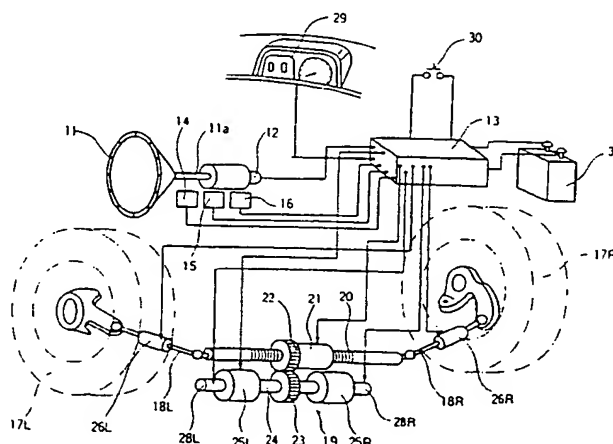
74 Vertreter:
Weickmann, H., Dipl.-Ing.; Fincke, K., Dipl.-Phys.
Dr.; Weickmann, F., Dipl.-Ing.; Huber, B.,
Dipl.-Chem.; Liska, H., Dipl.-Ing. Dr.-Ing.; Prechtel,
J., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.; Böhm, B., Dipl.-Chem. Un-
iv.
Dr.rer.nat., Pat.-Anwälte, 8000 München

72 Erfinder:
Asanuma, Nobuyoshi; Nishi, Yutaka; Nishimori,
Takashi, Wako, Saitama, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Motorfahrzeug-Lenksystem mit automatischer Störunterdrückung

57 Motorfahrzeug-Lenksystem mit einem Giergeschwindigkeitssensor (34) zur Detektierung einer Giergeschwindigkeit eines Motorfahrzeugs und einem Querbeschleunigungssensor (88) zur Detektierung einer Querbeschleunigung des Motorfahrzeugs. Die detektierte Giergeschwindigkeit und die detektierte Querbeschleunigung werden gemäß vorgegebener Funktionen zur Festlegung eines Steuersignals verarbeitet, das in einen Motor (12) zur Drehung eines Steerrades (11) eingespeist wird. Räder (17L, 17R) werden sodann über einen Lenkmechanismus (19) in einer Richtung im Sinne einer Unterdrückung eines Stör-Motorfahrzeugverhaltens gelenkt, das durch die Giergeschwindigkeit und die Querbeschleunigung hervorgerufen wird.



DE 42 32 256 A 1

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Motorfahrzeug-Lenksystem, das insbesondere in Abhängigkeit von einem durch Störungen verursachten Fahrzeugverhalten betätigbar ist, um einem Lenkrad ein solches Lenkdrehmoment aufzuprägen, daß es im Sinne der Unterdrückung eines derartigen Motorfahrzeugverhaltens gedreht wird.

Ein bekanntes Motorfahrzeug-Lenksystem ist beispielsweise in der JP-OS 50-33 584 beschrieben. Dieses Motorfahrzeug-Lenk-System ist ein elektrisch betätigtes Servolenksystem, bei dem die Ausgangsleistung eines die Lenkung des Fahrzeugs unterstützenden Elektromotors bei manueller Drehung eines Lenkrades vergrößert oder verringert wird. Speziell ändert sich der Verstärkungsgrad für ein detektiertes ein manuell wirkendes Lenkdrehmoment anzeigendes Signal in Abhängigkeit von einer detektierten Motorfahrzeuggeschwindigkeit und einem detektierten Straßenzustand geändert wird, um die Ausgangsleistung des Elektromotors so zu vergrößern oder zu verringern, daß das Lenksystem immer ein optimales Gesamt-Lenkdrehmoment erzeugen kann.

Unterliegt ein Motorfahrzeug einer Störung beispielsweise durch Seitenwind, so wird beim vorgenannten Motorfahrzeug-Lenksystem kein Lenkdrehmoment im Sinne der Unterdrückung einer solchen Störung erzeugt. Generell erzeugen manuell betätigte Motorfahrzeug-Lenksysteme ohne Servolenkmechanismus auch keine Lenkdrehmomente, welche im Sinne der Reduzierung eines störenden Motorfahrzeugverhaltens wirken.

Ein mit einem konventionellen Lenksystem ausgerüstetes Motorfahrzeug, sei es nun manuell betätigt oder servobetätigt, wird daher durch Seitenwind oder eine andere Störung beeinflusst, so daß der Fahrer das Steuerrad in Richtung der Minimierung des störenden Motorfahrzeugverhaltens drehen muß.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Motorfahrzeug-Lenksystem anzugeben, das automatisch ein störendes Motorfahrzeugverhalten unterdrückt, das dann auftreten würde, wenn eine Störung, wie etwa Seitenwind, auf das Motorfahrzeug einwirkt.

Zur Lösung dieser Aufgabe schafft die Erfindung ein Lenksystem zur Verwendung in einem Motorfahrzeug mit einem Lenkrad, wenigstens einem durch das Lenkrad lenkbaren Rad, einer mit dem Lenkrad verbundenen Lenkbetätigungseinrichtung, einer Sensoreinrichtung zur Detektierung eines Fahrzeugverhaltens, das durch eine auf das Fahrzeug wirkende Störung verursacht wird, und einer Steueranordnung zur Festlegung eines Steuersignals auf der Basis des durch die Sensoreinrichtung detektierten Fahrzeugverhaltens sowie zur Einspeisung des Steuersignals in die Lenkbetätigungseinrichtung im Sinne der Unterdrückung des Fahrzeugverhaltens.

Die Sensoreinrichtung umfaßt einen Giergeschwindigkeitssensor zur Detektierung einer Giergeschwindigkeit als Störung und/oder einen Querbeschleunigungssensor zur Detektierung einer Querbeschleunigung als Störung.

Die Steueranordnung setzt die Giergeschwindigkeit und die Querbeschleunigung gemäß vorgegebener Funktionen in entsprechende Komponenten um und addiert die Komponenten zu einem Steuersignal.

Das Motorfahrzeug-Lenksystem enthält weiterhin einen Lenkmechanismus zur Lenkung wenigstens eines Rades in Abhängigkeit von der Lenkwirkung des Lenk-

rades. Der Lenkmechanismus kann elektrisch oder mechanisch mit dem Lenkrad in Wirkverbindung stehen.

Die Erfindung wird im folgenden anhand von in den Figuren der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 eine schematische perspektivische Ansicht eines Motorfahrzeug-Lenksystems gemäß einer Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 2 ein Blockschaltbild einer Steuerschaltung des Motorfahrzeug-Lenksystems nach Fig. 1;

Fig. 3 ein Blockschaltbild einer Funktionssystemanordnung des Motorfahrzeug-Lenksystems nach Fig. 1;

Fig. 4 ein Flußdiagramm einer Steuersequenz des Motorfahrzeug-Lenksystems nach Fig. 1;

Fig. 5(A) bis 5(E) jeweils ein Diagramm von in der Steuersequenz nach Fig. 4 verwendeten Datentabellen;

Fig. 6(A) und 6(B) jeweils ein Diagramm des Wirkungsgrades des Motorfahrzeug-Lenksystems gemäß der Erfindung im Vergleich zu einem konventionellen Motorfahrzeug-Lenksystem;

Fig. 7 eine schematische perspektivische Ansicht eines Motorfahrzeug-Lenksystems gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung; und

Fig. 8 ein Blockschaltbild einer Funktionssystemanordnung des Motorfahrzeug-Lenksystems gemäß Fig. 7.

Gemäß Fig. 1 ist ein Motorfahrzeug-Lenksystem gemäß einer Ausführungsform der Erfindung in ein Motorfahrzeug, beispielsweise ein Automobil, mit einem Lenkrad 11 eingebaut, das durch den Fahrer manuell gedreht werden kann. Das Lenkrad 11 ist koaxial auf einer Lenksäule 11a montiert, die drehbar auf dem Chassis des Motorfahrzeugs montiert und mit einem Reaktionsmotor 12 gekoppelt ist. Der Reaktionsmotor 12 ist elektrisch mit einer Steuerschaltung 13 verbunden, welche ihn zur Erzeugung eines Reaktions-Ausgangsdrehmomentes für das Lenkrad 11 ansteuert, wobei es sich um eine Widerstandskraft bzw. eine Lenkreaktionskraft gegen die Lenkwirkung des Lenkrades 11 handelt.

Die Lenksäule 11a ist mit einem ersten Lenkwinkelsensor 14 in Form eines Analogsensors, beispielsweise eines Potentiometers, einem zweiten Lenkwinkelsensor 15 in Form eines Digitalsensors, wie beispielsweise eines Kodierers und mit einem Lenkdrehmomentsensor 16 in Form eines Differentialtransformator oder ähnlichem versehen. Gemäß Fig. 2 ist mit dem Reaktionsmotor 12 ein Stromsensor 41 zur Detektierung eines durch den Reaktionsmotor 12 fließenden Stroms verbunden. Diese Sensoren 14, 15, 16, 41 sind mit der Steuerschaltung 13 verbunden.

Der erste Lenkwinkelsensor 14 detektiert einen Winkel, um den die Lenksäule 11a sich aus einer vorgegebenen Stellung, beispielsweise einer neutralen Stellung des Lenkrades 11 gedreht hat, d. h. er detektiert einen Steuereinkel (Θ) des Lenkrades 11. Der erste Lenkwinkelsensor 14 liefert ein ein Maß für den Lenkwinkel darstellendes Detektorsignal für die Steuerschaltung 13. Der zweite Lenkwinkelsensor 15 sendet ein aus einer Anzahl von Impulsen pro Lenkeinheitswinkel des Lenkrades 11 zusammengesetztes impulsförmiges Signal für die Steuerschaltung 13. Der Lenkdrehmomentsensor 16 detektiert ein auf das Lenkrad 11 wirkendes Lenkdrehmoment und liefert ein ein Maß für das detektierte Lenkdrehmoment darstellendes Detektorsignal für die Steuerschaltung 13. Der Stromsensor 41 detektiert einen durch den Reaktionsmotor 12 fließenden elektrischen Strom und damit ein Ausgangsdrehmoment des Reak-

tionsmotors 12 und liefert ein Maß für das detektierte Ausgangsdrehmoment darstellendes Detektorsignal für die Steuerschaltung 13. Die Steuerschaltung 13 berechnet den Lenkwinkel, um den sich das Lenkrad 11 gedreht hat, aus den von den beiden Lenkwinkelsensoren 14, 15 gelieferten Signalen. Die Steuerschaltung 13 berechnet weiterhin das auf das Lenkrad 11 ausgeübte Lenkdrehmoment aus dem vom Lenkdrehmomentsensor 16 gelieferten Signal.

Das Motorfahrzeug besitzt ein Paar von seitlich beabstandeten lenkbaren Rädern 17L, 17R, welche über zugehörige Achsschenkel 18L, 18R mit einem Lenkmechanismus 19 in Wirkverbindung stehen. Dieser Lenkmechanismus 19 umfaßt eine Schneckenwelle 20 mit Schraubengängen auf der Außenfläche, eine auf die Schneckenwelle 20 aufgeschraubte Kugelmutter 21 mit einer Anzahl von in den Schraubengängen laufenden Kugeln sowie ein rotierend mit der Kugelmutter 21 verbundenes Übertragungszahnrad 22.

Die Schneckenwelle 20 ist nicht rotierend, aber axial beweglich durch ein (nicht dargestelltes) Gehäuse gelagert, wobei ihre entgegengesetzten Enden über die Achsschenkel 18L, 18R mit den Rändern 17L, 17R verbunden sind. Wenn die Kugelmutter 21 auf der Schneckenwelle 20 rotiert, wobei die Kugeln zwischen der Schneckenwelle 20 und der Kugelmutter 21 in den Schraubengängen umlaufend rollen, so wird die Schneckenwelle 20 zur Lenkung der Räder 17L, 17R axial bewegt. Das Übertragungszahnrad 20 kämmt mit einem Antriebszahnrad 23, das zur Drehung der Kugelmutter 21 über das Übertragungszahnrad 20 angetrieben wird.

Das Antriebszahnrad 23 ist fest auf einer parallel zur Schneckenwelle 20 montierten drehbaren Welle 24 montiert. Diese Welle 24 ist fest und konzentrisch mit den Ausgangswellen von zwei Lenkmotoren 25L, 25R verbunden. Diese Lenkmotoren 25L, 25R sind elektrisch mit der Steuerschaltung 13 verbunden und mit Stromsensoren 40L, 40R (Fig. 2) versehen, welche durch die Lenkmotoren 25L, 25R fließende elektrische Ströme detektieren. Die Stromsensoren 40L, 40R sind weiterhin mit der Steuerschaltung 13 verbunden und liefern ein Maß für die durch die Lenkmotoren 25L, 25R fließenden Ströme darstellende Detektorsignale für die Steuerschaltung 13.

Mit den Achsschenkeln 18L, 18R sind Axialkraftsensoren 26L, 26R kombiniert. Die Kugelmutter 21 enthält einen Absolutstellungssensor 27 (Fig. 2) in Form eines Analogsensors, wie beispielsweise eines Potentiometers. Den Lenkmotoren 25L, 25R sind Lenkwinkelsensoren 28L, 28R zugeordnet. Diese Sensoren sind elektrisch mit der Steuerschaltung 13 verbunden.

Die Axialkraftsensoren 26L, 26R detektieren Lenkreaktionskräfte von den steuerbaren Rädern 17L, 17R und liefern ein Maß für die detektierten Lenkreaktionskräfte darstellende Detektorsignale für die Steuerschaltung 13. Der Absolutstellungssensor 27 liefert ebenso wie der erste Lenkwinkelsensor 14 ein Detektorsignal für die Steuerschaltung 13, das ein Maß für einen Winkel ist, um den die Kugelmutter 21 sich aus der neutralen Stellung gedreht hat, d. h. das Signal ist ein Maß für einen Winkel (&), um den die Räder 17L, 17R aus ihrer neutralen Stellung gelenkt sind. Die Lenkwinkelsensoren 28L, 28R liefern ebenso wie der zweite Lenkwinkelsensor 15 ein impulsförmiges Signal für die Steuerschaltung 13, das sich aus einer Anzahl von Impulsen pro Drehwinkeleinheit der Ausgangswellen der Lenkmotoren 25L, 25R zusammensetzt, d. h. es handelt sich um ein Signal pro Lenkwinkeleinheit der Räder 17L, 17R. Die Steuerschal-

tung 13 berechnet den Lenkwinkel der Räder 17L, 17R aus den vom Absolutstellungssensor 27 und den Lenkwinkelsensoren 28L, 28R gelieferten Detektorsignalen.

Die Steuerschaltung 13 ist weiterhin mit einem Anzeigeelement 29, einem Zündschalter 30 sowie einer Batterie 31 elektrisch verbunden. Das Anzeigeelement 29 dient zur Anzeige einer Relativabweichung bzw. Differenz zwischen dem Lenkwinkel des Lenkrades 11 und dem Lenkwinkel der Räder 17L, 17R auf der Basis eines Ausgangssignals der Steuerschaltung 13.

Gemäß Fig. 2 enthält die Steuerschaltung 13 zwei Regler 13a, 13b, welche jeweils durch einen Mikrocomputer in Form eines integrierten Schaltkreises, einen Speicher, einen A/D-Umsetzer, einen Taktgenerator usw. gebildet sind, wobei diese beiden Regler 13a, 13b miteinander verbunden sind. Mit den Reglern 13a, 13b sind Überwachungszeitgeber 32a, 32b verbunden. Die Sensoren 14, 15, 16, 26L, 26R, 27, 28L, 28R, 40L, 40R und 41 sind ebenfalls mit den Reglern 13a, 13b verbunden. Weiterhin sind mit den Reglern 13a, 13b ein Motorfahrzeug Geschwindigkeitssensor 33, ein Giergeschwindigkeitssensor 34 und ein Querschleunigungssensor 88 verbunden. Schließlich sind mit den Reglern 13a, 13b ein Motortreiber 35 für den Reaktionsmotor 12 sowie Motortreiber 36L, 36R für die Lenkmotoren 25L, 25R verbunden.

Der Motorfahrzeug-Geschwindigkeitssensor 33 detektiert die Motorfahrzeuggeschwindigkeit und liefert ein Maß für die Motorfahrzeuggeschwindigkeit darstellendes Detektorsignal für die Regler 13a, 13b. Der Giergeschwindigkeitssensor 34 detektiert die Giergeschwindigkeit (γ) des Motorfahrzeugs und liefert ein Maß für die Giergeschwindigkeit darstellendes Detektorsignal für die Regler 13a, 13b. Der Querschleunigungssensor 88 detektiert die quer auf das Motorfahrzeug wirkende Querschleunigung (G) und liefert ein Maß für die Querschleunigung darstellendes Detektorsignal für die Regler 13a, 13b. Der Giergeschwindigkeitssensor 34 sowie der Querschleunigungssensor 88 dienen als Einrichtung zur Detektierung eines Störverhaltens des Motorfahrzeugs.

Die Regler 13a, 13b verarbeiten gleichzeitig die Signale von den Sensoren gemäß einem vorgegebenen Programm und liefern PWM-Treibersignale (Puls-Breitenmodulierte Signale) für die Treibermotoren 35, 36L, 36R sowie ein Ansteuersignal für das Anzeigeelement 29. Die Überwachungszeitgeber 32a, 32b überwachen Intervalle, in denen das Programm durch die Regler 13a, 13b abgearbeitet wird, oder Funktionsperioden von internen Zeitgebern der Regler 13a, 13b für jede mögliche Fehlfunktion der Regler 13a, 13b. Die Regler 13a, 13b führen weiterhin einen Diagnoseprozeß für sich durch bzw. prüfen sich selber hinsichtlich eines Fehlers auf der Basis von Daten von den Überwachungszeitgebern 32a, 32b. Im Falle eines Fehlers schalten die Regler 13a, 13b einen Fehlfunktionsabschnitt ab und steuern das Motorfahrzeug-Lenksystem weiter.

Die Motortreiber 35, 36L, 36R umfassen jeweils eine Brücke von Feldeffekttransistoren. Der Motortreiber 35 ist mit dem Reaktionsmotor 12 verbunden, während die Motortreiber 36L, 36R mit den Lenkmotoren 25L, 25R verbunden sind. Die Motortreiber 35, 36L, 36R erhalten die PWM-Treibersignale von den Reglern 13a, 13b und liefern elektrische Ströme mit Impulspausenverhältnissen entsprechend den zugeführten PWM-Treibersignalen für die Motoren 12, 25L, 25R.

Das Motorfahrzeug-Lenksystem ist ein Leitungssteuersystem, in dem das Lenkrad 11 sowie die lenkbaren

Räder 17L, 17R mechanisch entkoppelt, für die Lenkung der Räder 17L, 17R jedoch elektrisch miteinander verbunden sind. Das Leistungssteuer-Motorfahrzeug-Lenk-system besitzt einen funktionalen Aufbau gemäß Fig. 3. Gemäß dieser Fig. 3 werden die Lenkwirkung des Lenkrades 11 und der Lenkwinkel δ 17L, 17R über eine Rückkopplungssteuerung auf der Basis des Lenkwinkels 8 des Lenkrades 11 gesteuert. Weiterhin werden die Giergeschwindigkeit γ des Motorfahrzeuges, die auf das Motorfahrzeug wirkende Querbeschleunigung G und die Steuerreaktionskräfte F von den Rädern 17L, 17R detektiert, wobei die auf das Lenkrad 11 wirkende Lenkreaktionskraft auf der Basis der Giergeschwindigkeit γ , der Querbeschleunigung G , der Lenkreaktionskräfte F von den Rädern 17L, 17R und dem Lenkwinkel 8 des Lenkrades 11 gesteuert wird.

Für die Steuerung der auf das Lenkrad 11 wirkenden Lenkreaktionskraft wird der Lenkwinkel 8 über eine Funktion f_1 in eine Lenkwinkelkomponente T_1 , eine über einen Laplace-Operator S erzeugte Lenkgeschwindigkeit dB/dt über eine Funktion f_2 in eine Dämpfungskomponente T_2 , die Giergeschwindigkeit γ über eine dritte Funktion F_3 in eine erste Motorfahrzeugverhalten-Störunterdrückungskomponente T_3 , die Querbeschleunigung G über eine dritte Funktion f_4 in eine zweite Motorfahrzeugverhalten-Störunterdrückungskomponente T_4 umgesetzt, während die Lenkreaktionskräfte F der Räder 17L, 17R über eine Funktion f_5 in eine Straßenkomponente T_5 umgesetzt werden. Diese Funktionen f_1, f_2, f_3, f_4, f_5 sind lineare Funktionen, deren Gradienten sich in Abhängigkeit von der Motorfahrzeuggeschwindigkeit ändern, wie dies in den Fig. 5(A), 5(B), 5(C), 5(D) und 5(E) dargestellt ist. Es ist jedoch auch möglich, lineare Funktionen zu verwenden, welche sich in Abhängigkeit von der Motorfahrzeuggeschwindigkeit nicht ändern. Darüber hinaus sind auch andere Funktionen anwendbar.

Sodann wird aus den vorgenannten Komponenten T_1-T_5 der auf das Lenkrad 11 wirkenden Lenkreaktionskraft eine Ziel-Lenkreaktionskraft T_s gemäß folgender Gleichung bestimmt:

$$T_s = T_1 + T_3 + T_4 + T_5 + T_2.$$

Das Ausgangsdrehmoment des Reaktionsmotors 12, d.h. die auf das Lenkrad 11 wirkende Lenkreaktionskraft wird dabei so gesteuert, daß sie unter der Wirkung der Rückkopplungssteuerung die Ziel-Lenkreaktionskraft T_s erreicht. In der vorstehenden Gleichung bezeichnet das positive Vorzeichen die Richtung einer gegen die Lenkwirkung des Lenkrades 11 in einer Richtung einwirkende Widerstandskraft.

Gemäß Fig. 3 dient eine Funktion L als Begrenzung des Absolutwertes der Ziel-Lenkreaktionskraft T_s in einem vorgegebenen Bereich. Gemäß Fig. 3 sind die Funktionen f_1 - f_5 Transferfunktionen, welche durch lineare Funktionen realisiert werden können. In der Praxis können diese Funktionen in Abhängigkeit von verschiedenen Spezifikationen des Motorfahrzeuges eine Wichtung enthalten oder sie können unter Verwendung von Tabellen oder Speicherinhalten berechnet werden. Die in Fig. 3 gestrichelt eingezeichneten Teile entsprechen der Steuerschaltung nach Fig. 2.

Das Motorfahrzeug-Lenkssystem steuert die auf das Lenkrad 11 wirkende Lenkreaktionskraft gemäß einer Steuersequenz nach Fig. 4, die in vorgegebenen periodischen Intervallen wiederholt abgearbeitet wird. Gemäß Fig. 4 werden die Ausgangssignale von den ver-

schiedenen Sensoren in einem Schritt S_1 gelesen und die Giergeschwindigkeit γ , die Querbeschleunigung G , die Motorfahrzeuggeschwindigkeit, das auf das Lenkrad 11 wirkende Lenkdrehmoment, der Lenkwinkel des Lenkrades 11 und weitere Daten in einem Schritt S_2 festgelegt. Sodann werden in einem Schritt S_3 die Reaktionskraftkomponenten T_1-T_5 gemäß den Datentabellen nach den Fig. 5(A)-5(E) festgelegt und in einem Schritt S_4 gemäß der obigen Gleichung eine Ziel-Lenkreaktionskraft T_s berechnet.

Danach wird in einem Schritt S_5 bestimmt, ob die Ziel-Lenkreaktionskraft T_s größer als ein vorgegebener Wert T_{\max} ist oder nicht. Ist die Ziel-Lenkreaktionskraft T_s größer als der vorgegebene Wert T_{\max} , so wird die Ziel-Lenkreaktionskraft T_s in einem Schritt S_6 auf den vorgegebenen Wert T_{\max} als oberer Grenzwert gesetzt. In einem nächsten Schritt S_7 wird bestimmt, ob die Ziel-Lenkreaktionskraft T_s kleiner als ein vorgegebener Wert $-T_{\max}$ ist oder nicht. Ist die Ziel-Lenkreaktionskraft T_s kleiner als der vorgegebene Wert $-T_{\max}$, so wird die Ziel-Lenkreaktionskraft T_s in einem Schritt S_8 auf den vorgegebenen Wert $-T_{\max}$ als unterer Grenzwert gesetzt. Schritte S_5, S_6, S_7 und S_8 entsprechen der Begrenzerfunktion L gemäß Fig. 3.

Danach wird in einem Schritt S_9 der Reaktionsmotor 12 im Sinne der Angleichung des durch ihn erzeugten Ausgangsdrehmomentes, d.h. der auf das Lenkrad 11 wirkenden Lenkreaktionskraft an die Ziel-Lenkreaktionskraft T_s rückkoppelnd gesteuert.

Wie oben beschrieben, enthält die durch den Reaktionsmotor 12 auf das Lenkrad 11 ausgeübte Lenkreaktionskraft die Komponente T_3 entsprechend der Giergeschwindigkeit γ des Motorfahrzeuges sowie die Komponente T_4 entsprechend der Querbeschleunigung G , wobei die Lenkreaktionskraft dazu tendiert, das Lenkrad 11 in eine Richtung im Sinne der Unterdrückung der Giergeschwindigkeit γ und der Querbeschleunigung G zu drehen. Dabei dient die Lenkreaktionskraft als Lenkdrehmoment zur Drehung des Lenkrades 11. Wirkt eine Störung, wie beispielsweise Seitenwind, auf das Motorfahrzeug, wodurch das Motorfahrzeug gegiert bzw. sich quer bewegt, wird das Lenkrad 11 automatisch im Sinne der Stabilisierung des Motorfahrzeuges gegen ein solches Stör-Motor-Fahrzeugverhalten gedreht, selbst wenn der Fahrer das Lenkrad 11 nicht hält. Hält der Fahrer das Lenkrad 11, so kann er es unter dem durch den Reaktionsmotor 12 erzeugten Drehmoment laufen lassen, so daß das Motorfahrzeug gegen das Stör-Motorfahrzeugverhalten stabilisiert wird.

Bei geradeaus fahrendem Motorfahrzeug hält der Treiber das Lenkrad 11 leicht in seiner neutralen Stellung. Wirkt dabei ein Seitenwind auf das Motorfahrzeug, so wird dieses in eine andere Richtung gezwungen, wobei die Richtungsänderung durch die Einrichtung zur Detektierung eines Stör-Motorfahrzeugverhaltens detektiert wird. Der Reaktionsmotor 12 wird daher im Sinne einer Lenkreaktionskraft (Lenkdrehmoment) gesteuert, welche das Lenkrad 11 dreht, wodurch die Räder 17L, 17R so gesteuert werden, daß sie das Motorfahrzeug auf den geraden Kurs zurückführen. Bei generellen Motorfahrzeug-Fahrzuständen einschließlich der vorgenannten Geradeausfahrt kann der Fahrer ein Stör-Motorfahrzeugverhalten, wie beispielsweise eine Gierbewegung oder eine Querbeschleunigung, über die vom Reaktionsmotor 12 auf das Lenkrad 11 ausgeübte Lenkreaktionskraft bzw. über das Lenkdrehmoment fühlen. Der Fahrer kann jedoch unabhängig davon das Motorfahrzeug durch Drehen oder Halten des Lenkra-

des 11 gegen das Lenkdrehmoment, das der Reaktionsmotor 12 auf das Lenkrad 11 ausübt, selbst steuern.

Die Fig. 6(A) und 6(B) zeigen den Wirkungsgrad des erfindungsgemäßen Motorfahrzeug-Lenksystems im Vergleich zu einem konventionellen Motorfahrzeug-Lenkssystem. In den beiden Diagrammen nach Fig. 6(A) und 6(B) sind für bei Geradeausfahrt des Motorfahrzeugs gemessene Daten auf der Abszisse die Fahrstrecke X für das geradeausfahrende Fahrzeug und auf der Ordinate die Strecke Y in Richtung senkrecht zur Fahrtrichtung aufgetragen.

Erfährt das Motorfahrzeug eine Störung beispielsweise durch Seitenwind, ohne daß der Fahrer das Lenkrad hält, bewegt sich das Motorfahrzeug unter Steuerung durch das erfindungsgemäße Motorfahrzeug-Lenkssystem längs eines Weges A, wobei sich lediglich das Giermoment in dem auf das Lenkrad wirkenden Lenkdrehmoment niederschlägt. Bei Bewegung des Fahrzeuges längs eines Weges B unter Steuerung durch das erfindungsgemäße Motorfahrzeug-Lenkssystem schlägt sich lediglich die Querbeschleunigung in dem auf das Lenkrad wirkenden Lenkdrehmoment nieder. Ein durch das konventionelle Motorfahrzeug Lenkssystem gesteuerte Motorfahrzeug wird dagegen weit stärker durch Seitenwind beeinflusst, wie sich dies aus der Kurve ergibt.

Erfährt das Motorfahrzeug eine Störung beispielsweise durch Seitenwind, während der Fahrer das Steuerrad hält, so bewegt sich das Motorfahrzeug gemäß Fig. 6(B) unter Steuerung durch das erfindungsgemäße Motorfahrzeug-Lenkssystem längs einer Kurve D, bei der sich lediglich das Giermoment in dem auf das Lenkrad wirkenden Lenkdrehmoment niederschlägt. Bei Bewegung des Motorfahrzeuges längs einer Kurve E unter Steuerung durch das erfindungsgemäße Motorfahrzeug-Lenkssystem schlägt sich lediglich eine Querbeschleunigung in dem auf das Lenkrad wirkenden Lenkdrehmoment nieder. Die Kurven D und E zeigen eine weit geringere Beeinflussung durch Seitenwind als eine Kurve F, längs der sich das Motorfahrzeug bei Steuerung durch das konventionelle Motorfahrzeug-Lenkssystem bewegt.

Bei einer normalen Kurve erfährt das Motorfahrzeug eine Querbeschleunigung und ein Giermoment, so daß der Reaktionsmotor 12 im Sinne der Erzeugung eines Lenkdrehmomentes in Richtung einer Reduzierung der Querbeschleunigung und des Giermomentes, d. h. in einer Richtung zur Rückführung des Motorfahrzeuges in eine gerade Fahrt gesteuert wird. Für die Rückkehr in die gerade Fahrt kann der Fahrer das Lenkrad unter der Wirkung des Lenkdrehmomentes so lange graduell zurückdrehen, bis das Motorfahrzeug in die gerade Fahrt zurückgelenkt ist. Für den Fall einer abrupten Übersteuerung des Motorfahrzeuges übt das Motorfahrzeug-Lenkssystem ein starkes Lenkdrehmoment im Sinne einer Rücklenkung des Motorfahrzeuges aus, so daß der Fahrer das Motorfahrzeug leicht gegensteuern kann. Wenn das Motorfahrzeug driftet, wenn das durch das Motorfahrzeug-Lenkssystem auf das Lenkrad ausgeübte Lenkdrehmoment klein ist, kann der Fahrer das Motorfahrzeug zusätzlich steuern.

Bei dem vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiel wird die Lenkreaktionskraft bzw. das Lenkdrehmoment auf der Basis sowohl der Giergeschwindigkeit als auch der Querbeschleunigung auf das Lenkrad 11 ausgeübt. Die auf das Lenkrad 11 wirkende Lenkreaktionskraft kann jedoch auch lediglich nur auf der Giergeschwindigkeit oder der Querbeschleunigung beruhen.

Die Fig. 7 und 8 zeigen eine weitere erfindungsgemäße Ausführungsform eines Motorfahrzeug-Lenkssystems. Diejenigen Teile in Fig. 7, welche mit Teilen nach den Fig. 1 und 2 identisch sind, sind mit gleichen Bezugszeichen versehen und werden nicht noch einmal im einzelnen beschrieben.

Gemäß Fig. 7 ist eine Lenksäule 11a eines Lenkrades 11 mechanisch über Gelenke 91 mit einem Lenkmechanismus 19 verbunden, so daß das Steuerrad 11 mechanisch mit steuerbaren Rädern 17L, 17R verbunden ist. Der Steuermechanismus 19 umfaßt einen Zahnstangenantriebsmechanismus mit einem einen Sensor 94 zur Detektierung eines Lenkdrehmomentes und eines Lenkwinkels aufweisenden Antriebsritzel sowie eine mit einem Kugelschraubenmechanismus 90 in Wirkverbindung stehende Zahnstange, wobei der Mechanismus 90 seinerseits durch einen Motor 95 betätigt wird. Wird der Motor erregt, so prägt er dem Kugelschraubenmechanismus 90 ein unterstützendes Lenkdrehmoment auf, wodurch die Zahnstange axial bewegt wird, um die Räder 17L, 17R über die Achsschenkel 18L, 18R zu lenken. Der Motor 95 ist elektrisch mit einem Motortreiber 96 verbunden, welcher den Motor 95 zur Erzeugung des unterstützenden Lenkdrehmomentes erregt.

Der Motortreiber 96 ist mit einem Regler 13 verbunden, der seinerseits mit einem Giergeschwindigkeitssensor 34 und einem Querbeschleunigungssensor 88 gekoppelt ist. Ebenso wie bei dem ersten Ausführungsbeispiel dient der Giergeschwindigkeitssensor 34 zur Detektierung einer Giergeschwindigkeit des Motorfahrzeuges und der Querbeschleunigungssensor 88 zur Detektierung einer auf das Motorfahrzeug wirkenden Querbeschleunigung. Die Fahrtgeschwindigkeit des Motorfahrzeuges wird durch einen Motorfahrzeugsensor 33 detektiert. Die Detektorsignale von den Sensoren 94, 34, 88, 33 werden in den Regler 13 eingespeist. Auf der Basis der von den Sensoren eingespeisten Signale liefert der Sensor 13 ein Steuersignal für den Motortreiber 96 zur Steuerung des Motors 95.

Bei der Ausführungsform nach Fig. 7 ist das Lenkrad 11 mechanisch mit den Rädern 17L, 17R gekoppelt. Während die Räder 17L, 17R mittels des Lenkrades 11 direkt gesteuert werden können, wird der Motor 95 erregt, um sein Ausgangs-Lenkdhrehmoment über den Kugelschraubenmechanismus 90 auf die Zahnstange zu übertragen, wodurch die Lenkung der Räder 17L, 17R unterstützt wird. Der Motor 95 legt das unterstützende Lenkdrehmoment sowie die auf das Lenkrad 11 ausgeübte Lenkreaktionskraft fest. Gemäß Fig. 8 werden ein Lenkdrehmoment T_s , eine Giergeschwindigkeit sowie eine Querbeschleunigung detektiert, wobei das Ausgangsdrehmoment des Motors M (entsprechend dem Motor 95 nach Fig. 7) auf der Basis der genannten detektierten Größen gesteuert wird. Speziell wird ein Zieldrehmoment als Summe von zwei aus dem Lenkdrehmoment festgelegten Komponenten, einer über eine Transferfunktion aus der Giergeschwindigkeit festgelegten Komponente und einer über eine Transferfunktion aus der Querbeschleunigung festgelegten Komponente definiert, wobei das Ausgangsdrehmoment des Motors M auf das Zieldrehmoment hin gesteuert wird. Ebenso wie beim ersten Ausführungsbeispiel werden daher die Räder 17L, 17R in einer Richtung im Sinne einer Unterdrückung des Giermomentes und der Querbeschleunigung gesteuert, wenn ein Giermoment und eine Querbeschleunigung auf das Motorfahrzeug wirkt, und zwar unabhängig davon, ob das Lenkrad 11 durch den Fahrer wirklich gedreht wird oder nicht. Das Lenk-

rad 11 wird also automatisch im Sinne einer Stabilisierung des Motorfahrzeugs gegen ein Stör-Motorfahrzeugverhalten gedreht.

Gemäß Fig. 8 besitzt der Lenkradmechanismus eine Lenksäulen-Transferfunktion A, wobei J_1 das Trägheitsmoment des Lenkrades 11, S ein Laplace-Operator, D_1 eine Lenksäulendämpfung und K_1 eine Drehmoment-sensor-Torsionsfederkonstante bedeuten. Der Lenkmechanismus besitzt eine Getriebetransferfunktion B, worin J die Summe des Trägheitsmomentes I_2 der Räder 17L, 17R, J_3 das Trägheitsmoment des Rotors des Motors M, D_2 die Motorwellendämpfung, K_1 eine Drehmoment-sensor-Torsionsfederkonstante und K_2 eine Reifen-Torsionsfederkonstante bedeuten. Die Reifen besitzen eine Charakteristik C, worin D_3 die Reifendämpfung ist. Der Motor M besitzt eine elektrische Charakteristik, worin K_T eine Drehmomentkonstante, L eine Induktivität, R einen elektrischen Widerstand und Ke eine elektromotorische Gegenkraftkonstante bedeuten. Weiterhin bedeuten in Fig. 8a die Lenkgeschwindigkeitsverstärkung des Lenkrades 11, b die Drehmomentverstärkung, K_Y einen Giergeschwindigkeits-Reaktionskoeffizienten und K_G einen Querbeschleunigungs-Reaktionskoeffizienten. Die in Fig. 8 gestrichelt eingefassten Komponenten entsprechen dem Regler 13 nach Fig. 7.

Bei der Ausführungsform nach den Fig. 7 und 8 ist die sich auf die Komponente der Lenkreaktionskraft beziehende Transferfunktion, welche dem Lenkwinkel entspricht, für die Giergeschwindigkeit und die Querbesehleunigung unterschiedlich, so daß das Fahrzeug besser stabilisiert werden kann. Sind darüber hinaus die Transferfunktionen lineare Funktionen, so können die Lenkdrehmomentkomponenten durch Änderung der Gradienten der linearen Funktionen eingestellt werden, wodurch sich ein großer wählbarer Bereich von Charakteristiken für eine große Motorfahrzeugstabilität ergibt.

Die weiteren Einzelheiten des Motorfahrzeug-Lenk-systems nach den Fig. 7 und 8 entsprechen denjenigen des ersten Ausführungsbeispiels. Das Motorfahrzeug-Lenk-system gemäß den Fig. 7 und 8 ist generell einfacher als das Motorfahrzeug-Senk-system nach dem ersten Ausführungsbeispiel.

Hinsichtlich der vorstehenden Ausführungsbeispiele wurde lediglich die Steuerung des auf das Lenkrad wirkenden Lenkdrehmomentes erläutert. Zusammen mit der Lenkdrehmomentsteuerung kann jedoch auch eine Lenkwinkelsteuerung durchgeführt werden. Die erfindungsgemäßen Merkmale sind nicht nur bei durch einen Motor betriebenen, sondern auch bei hydraulisch betriebenen Motorfahrzeug-Lenk-systemen anwendbar.

Patentansprüche

1. Lenksystem zur Verwendung in einem Motorfahrzeug mit einem Lenkrad (11),
wenigstens einem durch das Lenkrad (11) lenkbaren Rad (17L oder 17R),
einer mit dem Lenkrad (11) verbundenen Lenk-betätigungseinrichtung (19),
einer Sensoreinrichtung (34, 88) zur Detektierung eines Fahrzeugverhaltens, das durch eine auf das Fahrzeug wirkende Störung verursacht wird, und
einer Steueranordnung (13) zur Festlegung eines Steuersignals auf der Basis des durch die Sensoreinrichtung (34, 88) detektierten Fahrzeugverhaltens sowie zur Einspeisung des Steuersignals in die Lenk-betätigungseinrichtung (19) im Sinne der Un-

terdrückung des Fahrzeugverhaltens.

2. Lenksystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensoreinrichtung (34, 88) einen Giergeschwindigkeitssensor (34) zur Detektierung einer Giergeschwindigkeit als Störung aufweist.

3. Lenksystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensoreinrichtung (34, 88) einen Querbesehleunigungssensor (88) zur Detektierung einer Querbesehleunigung als Störung aufweist.

4. Lenksystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensoreinrichtung (34, 88) sowohl einen Giergeschwindigkeitssensor (34) zur Detektierung einer Giergeschwindigkeit als Störung als auch einen Querbesehleunigungssensor (88) zur Detektierung einer Querbesehleunigung als Störung aufweist.

5. Lenksystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Steueranordnung (13) die Giergeschwindigkeit und die Querbesehleunigung gemäß vorgegebener Funktionen in entsprechende Komponenten umsetzt und die Komponenten zum Steuersignal addiert.

6. Lenksystem nach einem der Ansprüche 1 bis 5, gekennzeichnet durch einen Lenkmechanismus (19) zur Lenkung wenigstens eines Rades (17L oder 17R) in Abhängigkeit von der Lenkwirkung des Lenkrades (11).

7. Lenksystem nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Lenkmechanismus (19) elektrisch mit dem Lenkrad (11) verbunden ist.

8. Lenksystem nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Lenkmechanismus (19) mechanisch mit dem Lenkrad (11) in Wirkverbindung steht und die Lenk-betätigungseinrichtung enthält.

Hierzu 8 Seite(n) Zeichnungen

FIG.2

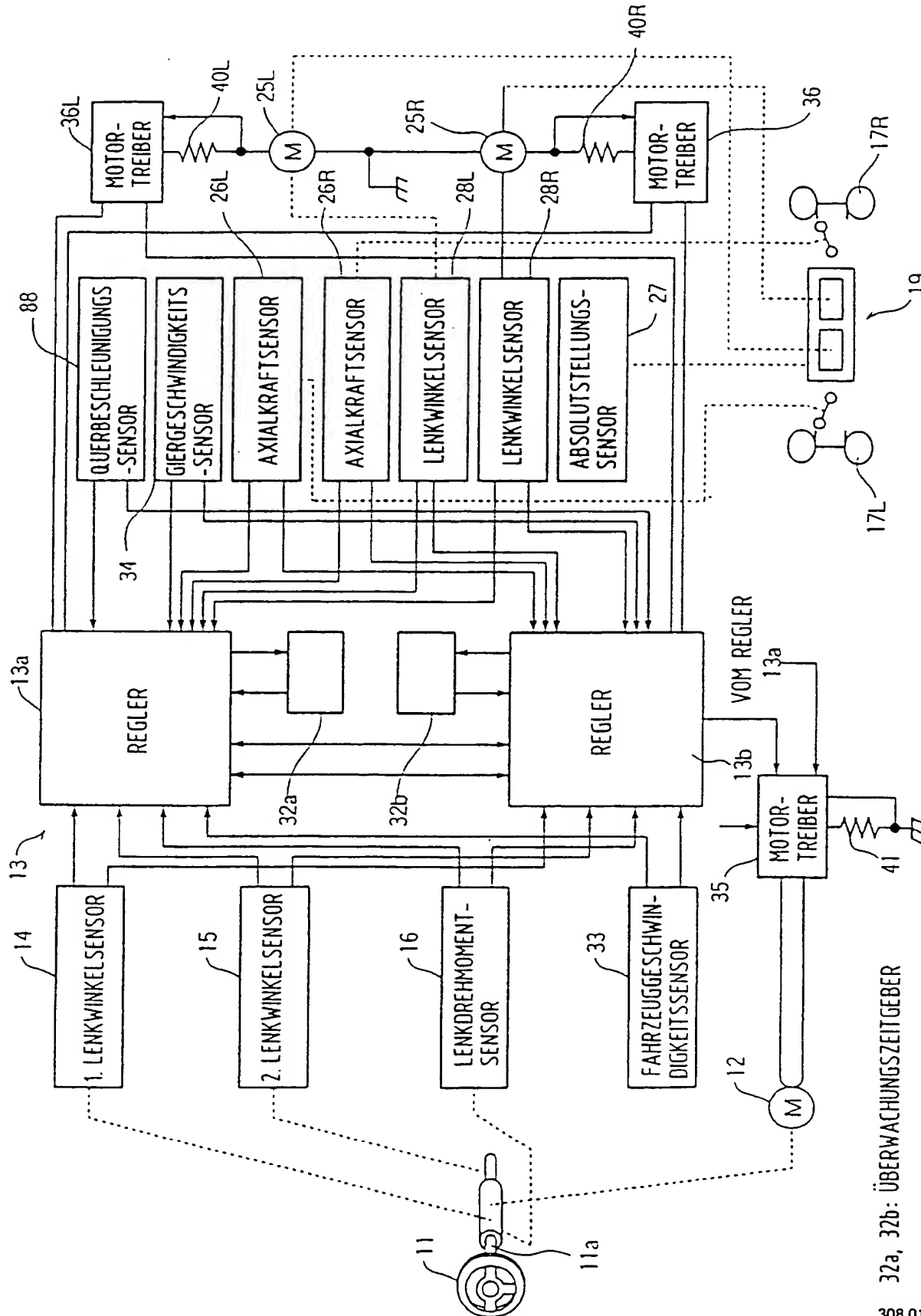


FIG.3

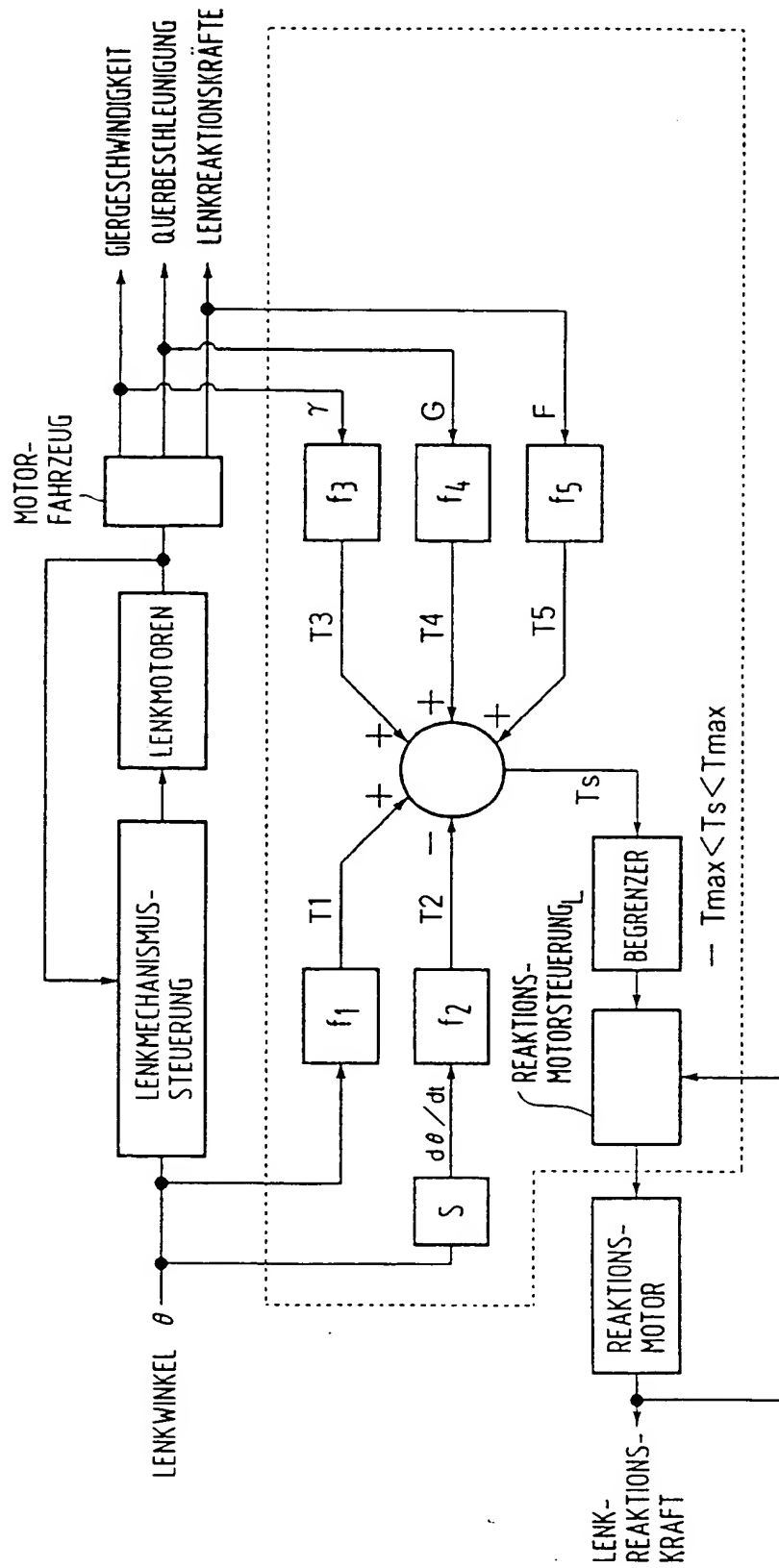


FIG.4

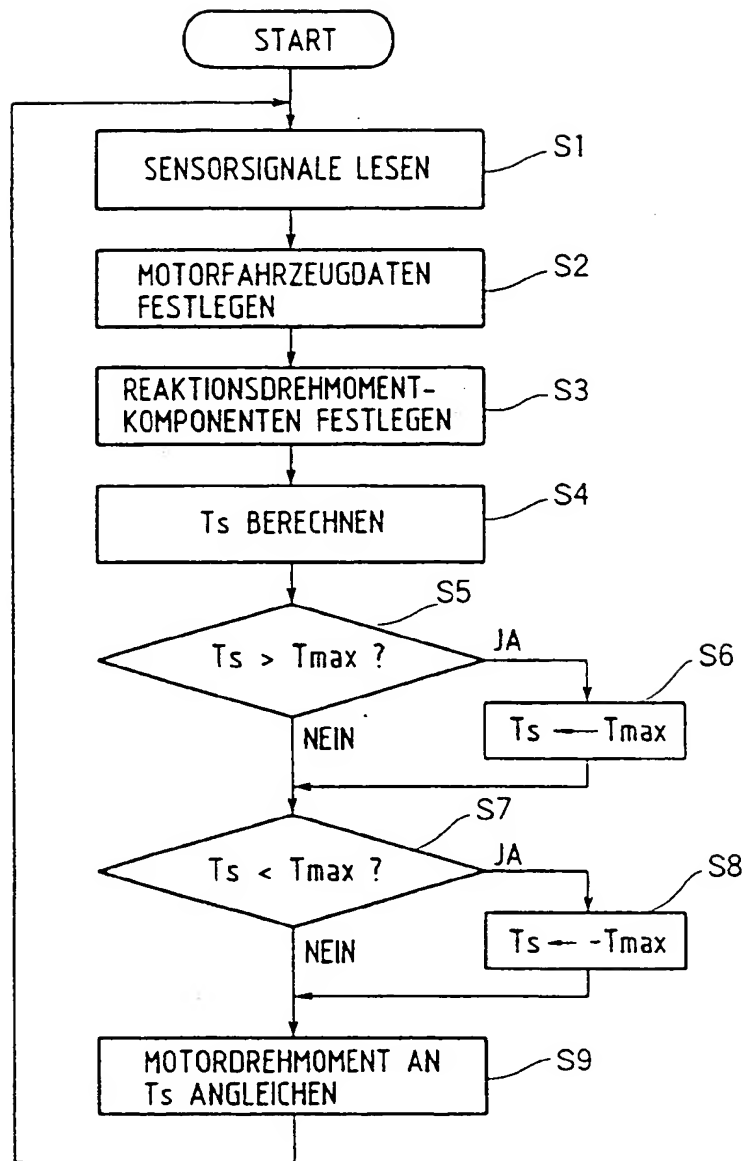


FIG.5 (A)

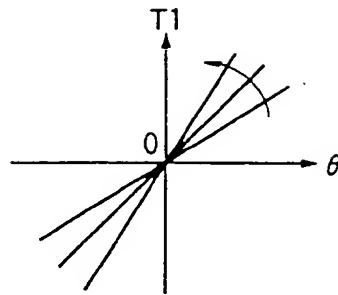


FIG.5 (B)

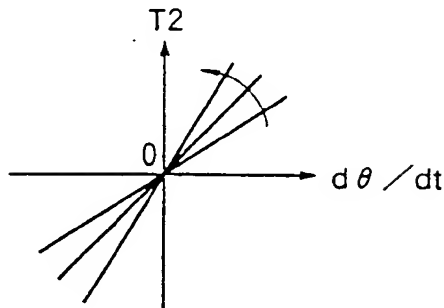


FIG.5 (C)

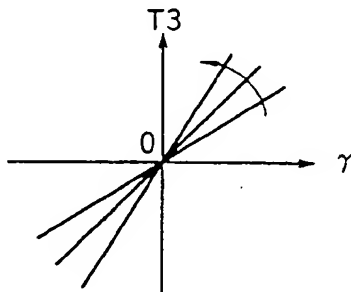


FIG.5 (D)

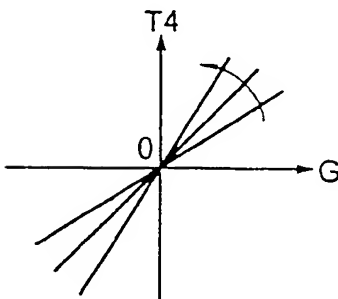


FIG.5 (E)

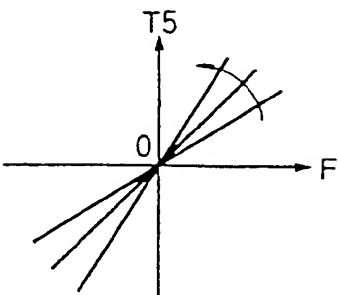


FIG.6 (A)

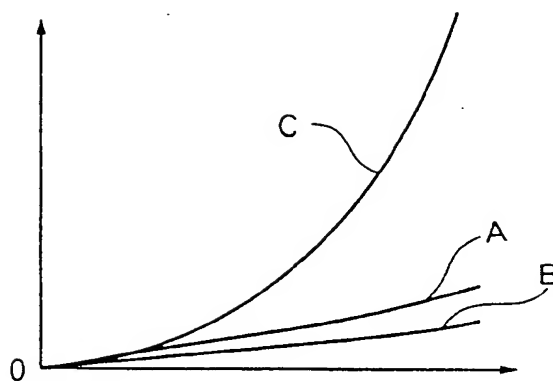


FIG.6 (B)

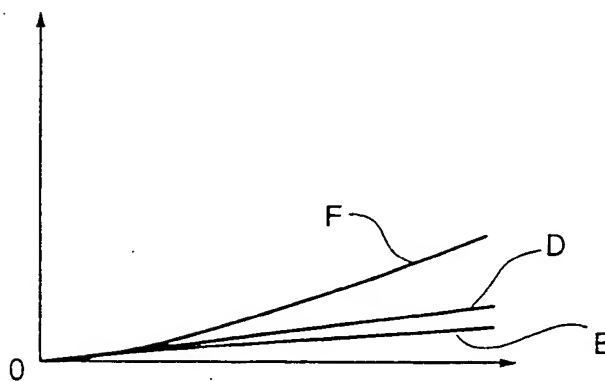


FIG.7

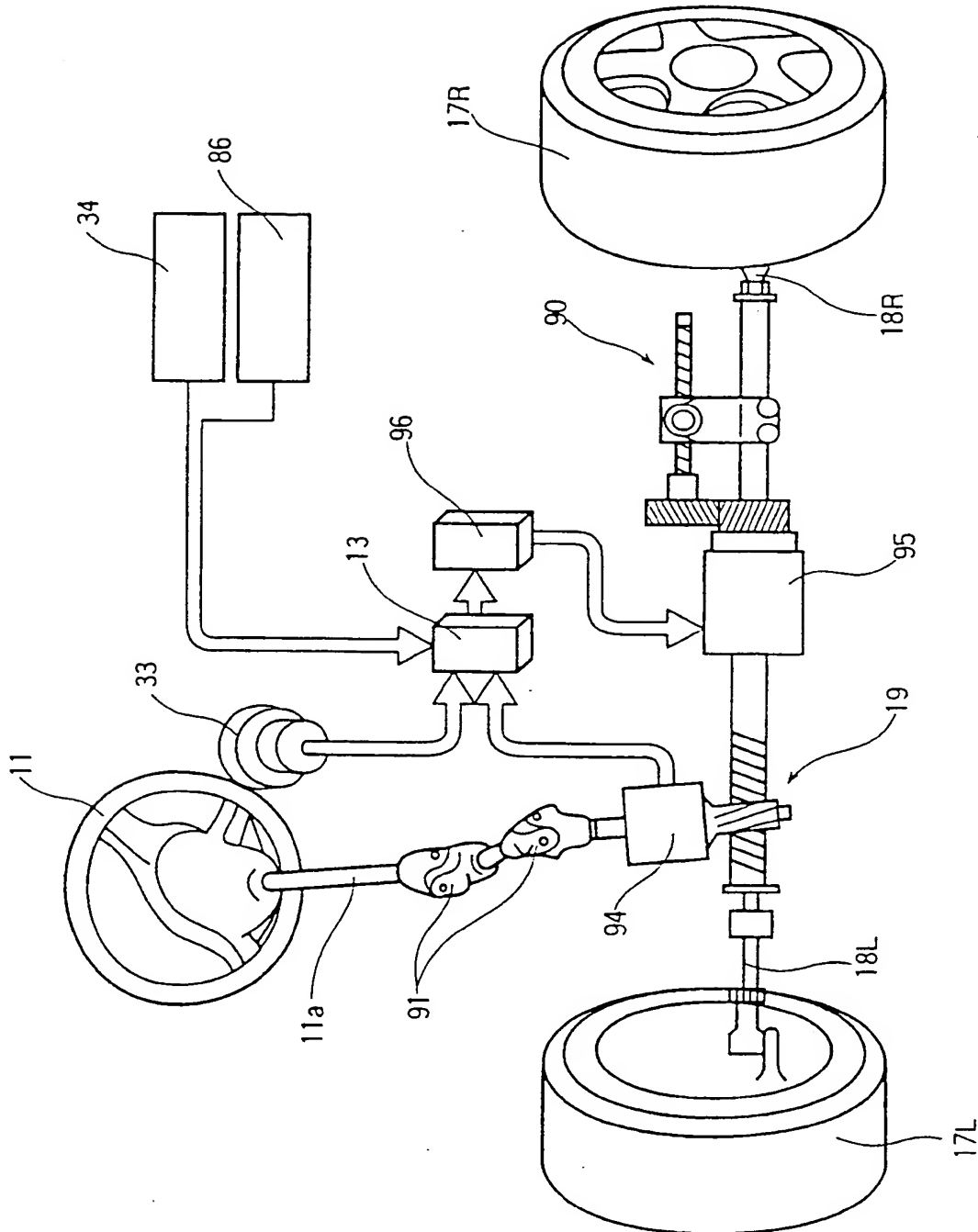


FIG.8

